

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ
з дисципліни
«ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЦТВ»
для студентів 1 курсу
зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»
спеціалізації «Хімічні технології переробки полімерних та
композиційних матеріалів»

Затверджено на засіданні
кафедри
хімічної технології переробки
полімерних та композиційних
матеріалів
Протокол № 9 від 15.02.2017

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з дисципліни «Основи технологічного проектування виробництв» для студентів 1 курсу зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології переробки полімерних та композиційних матеріалів» / Укл. : Л.І. Мельник, А.Д. Петухов, О.М. Шнирук, Л.А. Нудченко – К.: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», 2017. – 51 с.

*Гриф «Рекомендовано вченою радою хіміко-технологічного факультету»
(Протокол № ____ від _____ 2017 р.)*

Навчальне видання

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ
з дисципліни
«ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЦТВ»
для студентів 1 курсу
зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»
спеціалізації «Хімічні технології переробки полімерних та
композиційних матеріалів»**

Укладачі: А.Д. Петухов, д-р тех. наук, проф.
Л.І. Мельник, канд. тех. наук
О.М. Шнирук
Л.А. Нудченко

Відповідальний редактор В.А. Свідерський, д-р тех. наук, проф.

Рецензент М.П. Швед, канд. тех. наук, доц.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Мета та завдання навчальної дисципліни.....	4
2 Інформаційний обсяг навчальної дисципліни.....	8
3. Практичні заняття.....	9
3.1. Завдання при проведенні практичних занять.....	9
3.2. Перелік тем практичних робіт.....	10
4 Методика самостійного освоєння дисципліни.....	19
4.1. Загальні етапи проектування.....	20
4.2. Види проектної документації.....	22
4.3. Технологічне проектування.....	22
4.4. Технологічний регламент.....	26
4.5. Приклади розробки базового рецепту гумової суміші.....	27
4.6. Визначення нормативних коефіцієнтів при виготовленні полімерних виробів різними методами.....	39
5 Контрольні роботи.....	45
5.1. Приклади контрольних завдань.....	45
6. Питання білетів до диференційного заліку.....	47
7. Навчально-методична література.....	50

ВСТУП

Програма вивчення навчальної дисципліни «Основи технологічного проектування» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки спеціаліста спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» спеціалізації 8.05130107 «Хімічні технології переробки полімерних та композиційних матеріалів».

Предмет навчальної дисципліни є засвоєння студентами загальних правил проектування підприємств, державних норм, інструкцій, що належать до проектування та будівництва підприємств хімічної промисловості, навчання студентів вірно вибирати і розрахувати технологічне обладнання, компонувати його відповідно до обраних технологічних схем

Міждисциплінарні зв'язки. Дисципліна «Основи технологічного проектування» викладається після вивчення дисциплін професійного напрямку такими як «Загальна технологія переробки пластмас та еластомерів», «Обладнання для переробки полімерів»; «Конструювання виробів з полімерів»; «Композиційні матеріали»; «Основи проектування хімічних виробництв». Викладання дисципліни «Основи технологічного проектування» проводиться паралельно з іншими дисциплінами професійного спрямування.

Програма навчальної дисципліни складається з двох кредитних модулів:

1. «Основи технологічного проектування 1».
2. «Основи технологічного проектування 2». Курсовий проект.

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою викладання навчальної дисципліни «Основи технологічного проектування» є навчити студентів самостійно працювати з проектно-технічною документацією, закріпити знання, одержані з технології переробки

полімерних та композиційних матеріалів, ув'язати їх з проектуванням цих підприємств на основі найновіших досягнень науки і техніки в цих галузях, надати студентам достатніх знань з вирішення завдань проектування і вдосконалення технологічних процесів галузі з використанням сучасних методів комп'ютерного проектування.

Основним завданням вивчення дисципліни «Основи технологічного проектування» є отримання студентами в процесі її вивчення певних компетенцій, які можуть бути сформовані на трьох рівнях:

знати:

- принципи складання техніко-економічного обґрунтування реконструкції або будівництва промислового об'єкту;
 - основні принципи розміщення підприємств галузі хімічної промисловості;
 - склад і основні дані завдання на проектування;
 - склад, зміст, порядок розробки, узгодження і затвердження проектів;
 - принципи реалізації системного підходу в проектуванні;
 - порядок роботи інженера проектувальника над проектом;
 - прийоми компоновки обладнання і необхідний взаємозв'язок цехів на генеральному плані;
 - основ проектування технологічних схем виробництва;
 - порядку складання та розрахунку матеріального та теплового балансу виробництва;
 - розрахунок та компоновка основних конструкційних елементів обладнання;
 - принципи вибору основного технологічного обладнання;
 - основ первинної обробки полімерів та приготування сумішей;
- принципів проектування технологічних ліній з підбором всього необхідного обладнання.

вміти:

- творчо використовувати ДСТУ, ГОСТ, ДБН, БНтаП і ДСП в області проектування;
- розв'язувати проблеми розміщення обладнання в просторі;
- будувати генеральні плани промислових підприємств з використанням КОМПАСУ;
- складати матеріальний баланс виробництва;
- обґрунтовувати вибір технологічної схеми виробництва певної продукції;
- підбирати та розраховувати основне технологічне обладнання.

мати навички:

- користування проектно-технічною документацією при проектуванні підприємств галузі;
- вирішення питання компоновання обладнання;
- створення технологічних креслень, плану і розрізів приміщення та зображення основних будівельних елементів.

Роль дисципліни у підготовці майбутніх фахівців полягає у тому, що вона дає змогу вивчити закордонний і вітчизняний рівень та тенденції розвитку хімічної промисловості та промисловості з виробництва полімерних виробів. Одержані знання повинні забезпечити поглиблене осмислення спеціальності та завдання майбутньої професії.

Опис навчальної дисципліни наведений у таблиці 1.

Таблиця 1 – Опис кредитного модуля

Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Галузь знань <u>16 – Хімічна та біоінженерія</u> (шифр і назва)	Назва дисципліни, до якої належить кредитний модуль <u>Основи технологічного проектування виробництв.</u>	Форма навчання <u>денна</u> (денна / заочна)
<u>Напрямок підготовки</u> (шифр і назва)	Кількість кредитів ECTS <u>4,5</u>	Статус кредитного модуля <u>нормативний</u> (нормативний або за вибором ВНЗ/студентів)
Спеціальність <u>161 Хімічні технології та інженерія</u> (шифр і назва)	Кількість розділів <u>1</u>	Цикл до якого належить кредитний модуль <u>1. Цикл загальної підготовки</u> <u>1.1. Навчальні дисципліни базової підготовки</u>
Спеціалізація <u>Хімічної технології переробки полімерних та композиційних матеріалів</u> (назва)	Індивідуальне завдання (вид)	Рік підготовки <u>перший</u>
Освітньо-кваліфікаційний рівень <u>спеціаліст</u>	Загальна кількість годин <u>135</u>	Лекції <u>18 год.</u>
		Практичні (семінарські) <u>36 год.</u>
		Лабораторні (комп'ютерний практикум) <u>0 год.</u>
	Тижневих годин: аудиторних – <u>3</u> СРС – <u>4</u>	Самостійна робота <u>81 год.</u>
		Вид та форма семестрового контролю <u>Диф. залік</u> (екзамен / залік / диф. залік; усний / письмовий / тестування тощо)

Відповідно до ОПП та чинного навчального плану формою підсумкового контролю з навчальної дисципліни «Основи технологічного проектування» є *диференційний залік.*

2. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОБСЯГ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Тема 1.1 Техніко-економічне обґрунтування проектування виробництва по переробці полімерних композиційних матеріалів. Визначення проектної потужності, обґрунтування розміщення об'єктів і вибір площадки для будівництва, забезпечення виробництва сировиною і напівфабрикатами, номенклатура виробництва, фонд часу роботи обладнання, розрахунок виробничих потужностей по видам виробів.

Тема 1.2 Розробка технологічного проекту підготовчого процесу виробництва полімерних виробів. Дозування, транспортування, змішування (приготування полімерної композиції). Типи змішувачів для приготування полімерних композицій. Розрахунок основних параметрів гумозмішувача, вальців.

Тема 1.3 Розробка технологічного проекту виробництва виробів із реактопластів методом гарячого формування. Вибір способу формування, розробка технологічної схеми, вибір основного технологічного обладнання, складання матеріального балансу виробництва при виготовленні полімерних виробів методом гарячого формування [5]

Тема 1.4 Розробка технологічного проекту виробництва об'ємних виробів з полімерних композицій . Вибір способу виробництва об'ємних виробів, розробка технологічної схеми, вибір основного технологічного обладнання, складання матеріального балансу виробництва

Тема 1.5 Розробка технологічного проекту виробництва виробів з полімерних композиційних матеріалів методом вакуум- і пневмоформування. Вибір способу формування термопластів, розробка технологічної схеми, вибір основного технологічного обладнання, складання матеріального балансу виробництва

Тема 1.6 Розробка технологічного проекту виробництва рулонних матеріалів методом екструзії. Вибір способу екструзії, розробка технологічної

схеми, вибір основного технологічного обладнання, складання матеріального балансу виробництва.

Тема 1.7 Розробка технологічного проекту виробництва рулонних матеріалів з використанням валкових машин. Вибір способу виробництва, розробка технологічної схеми, вибір основного технологічного обладнання, складання матеріального балансу виробництва.

Тема 1.8 Розробка технологічного проекту виробництва полімерних виробів методом лиття під тиском. Вибір способу виробництва, розробка технологічної схеми, вибір основного технологічного обладнання та оснастки, складання матеріального балансу виробництва.

Тема 1.9 Розробка технологічного проекту виробництва полімерних виробів методом пресування. Пресування термопластів. Схеми пресування. Залежність логарифму тиску від температури. Режим пресування деяких термопластів. Преси для профільного пресування. Преси-автомати та роторні лінії. Роторні преси.

3 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Мета проведення практичних занять полягає у тому, щоб на прикладах закріпити лекційний матеріал, ознайомити студентів з основними матеріальними і технологічними розрахунками потужності і підбором необхідного устаткування для переробки полімерів і полімерних композиційний матеріалів на кожній стадії технологічного процесу і для технологічної лінії в цілому.

3.1. Завдання при проведенні практичних занять

– виконати розрахунки необхідної кількості різноманітного устаткування, його потужності (за стадіями технологічного процесу);

– на підставі проведених розрахунків вміти вибрати типове устаткування для виконання окремих технологічних операцій і технологічного процесу в цілому;

- зкомпонувати обладнання в цеху у відповідності до технологічної лінії.

3.2. Перелік тем практичних робіт

Практична робота № 1

Розрахунок основних технологічних та конструкційних параметрів обладнання підготовчого процесу при приготуванні полімерних композицій.

Тема даного практичного заняття потребує від студента вивчити матеріали лекцій та рекомендованої за темою літератури, при цьому особливу увагу звернути на різновид підготовчого та допоміжного обладнання, його класифікацію. Параметри розрахунку та принципи вибору обладнання.

Питання для самоконтролю

1. Які види складського обладнання ви знаєте?
2. Які види транспортувального обладнання використовуються в промисловості переробки полімерів, їх переваги та недоліки? Для транспортування яких матеріалів вони використовуються?
3. Які види ріжучих і подрібнюючих пристроїв використовують в технології переробки полімерів? Особливості їх застосування?
4. Основне обладнання для приготування полімерних композицій.
5. Види обладнання, що використовуються для сушки компонентів.
6. Види та принцип роботи таблетувальної машини.

Практична робота № 2

Розрахунок основних технологічних та конструкційних параметрів обладнання для гарячого формування реактопластів.

На цьому практичному занятті необхідно розглянути та закріпити лекційні матеріали за даними темами з використанням рекомендованої літератури. Для цього потрібно ознайомитись перш за все зі складом прес-композицій (прес-порошки, волокніти, армовані пластики). Особливу увагу необхідно приділити складу прес-порошків, призначенню всіх елементів композиції, технологічним стадіям процесу пресування, звернути увагу на методи пресування (компресійне, інжекційне). На лабораторних заняттях обов'язково буде розглядатись кожна технологічна стадія, її повна характеристика (підготовка прес-матеріала, дозування, таблетування, формування виробу, витримка, підпресовка, охолодження виробу та вилучення його з форми, механічна обробка і таке інше), циклограма пресування, технологічні параметри та методики їх визначення.

На занятті передбачають також вивчення конструкції прес-форм, їх класифікацію, застосування та інше.

Питання для самоконтролю

1. Які пресматеріали використовують для компресійного пресування, а які – для литтєвого?
2. Які технологічні стадії процесу пресування ви знаєте?
3. Які вимоги висуваються до пресматеріалів?
4. Назвіть основні типи зв'язуючих для пресматеріалів.
5. Які компоненти та їх функції в пресматеріалах ви знаєте?
6. Які основні вузли преса ви знаєте?
7. Які принципи положено в основу класифікації пресів?
8. Які основні параметри для вибору гідравлічного пресу, та методи їх розрахунку?

9. Який мінімальний склад технологічної лінії при виробництві виробів із реактопластів методом гарячого формування? Яке з обладнань відноситься до основного, яке до допоміжного?

Практична робота № 3

Розрахунок основних технологічних та конструкційних параметрів обладнання при виробництві об'ємних виробів.

Для формування виробів із замкнутим внутрішнім об'ємом (пляшки, каністри, діжки тощо) використовують методи з «нетрадиційним» пуансоном для формування внутрішньої поверхні. Це, в основному, стиснене повітря або ж відцентрова сила, яка діє на матеріал, що знаходиться у формі.

До цих методів відносять екструзію з наступним роздуванням екструдованої заготовки (екструзійне видування), метод литтєвого видування та метод відцентрового (ротаційного) формування.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте екструзійний метод видування.
2. Охарактеризуйте технологію формування методом литтєвого видування.
3. Охарактеризуйте технологію ротаційного формування виробів.
4. Які види браку можуть виникати при одержанні порожнистих виробів екструзією з роздувом. Поясніть їх причини та шляхи усунення.
5. Які основні технологічні розрахунки при виготовленні об'ємних виробів кожним з наведених методів?
6. Який мінімальний склад технологічної лінії при виробництві об'ємних виробів? Яке з обладнань відноситься до основного, яке до допоміжного?

Практична робота № 4

Розрахунок основних технологічних та конструкційних параметрів обладнання при виробництві виробів методом вакуум- і пневмоформування.

Перед тим, як вивчити методи переробки листових матеріалів, треба згадати, що пластмаси переробляються не лише у в'язкотекучому, а й у високоеластичному стані. Способи переробки листових термопластів економічно вигідно використовувати при виготовленні дрібносерійних партій виробів внаслідок дешевизни оснастки і малих енерговитрат при роботі на нескладному обладнанні. При проведенні лабораторних занять по даній темі треба досконально вивчити методи пневмо-, вакуумформування, механо-пневмовакуумформування, методи нагрівання листових матеріалів, асортимент термопластів та виробів, які можна виготовляти із листових матеріалів. Крім того, треба ознайомитись з методами позитивного та негативного формування, штамповки, виготовлення форми та процесами, які мають місце при переробці листових матеріалів. Окремо треба вияснити вплив швидкості витяжки, температури листа та форми на якість готових виробів.

Питання для самоконтролю

1. Яку роль виконує повітря під тиском (атмосферним) при переробці листових матеріалів?
2. Які методи нагріву листа до необхідної температури ви знаєте?
3. Чому переробка листових матеріалів обмежена товщиною листа?
4. В яких випадках використовується позитивне, а в яких негативне пневмоформування?
5. Назвіть недоліки та переваги вільного видування.
6. Які переваги пневмо-вакуумного формування?
7. Які переваги механо-пневмовакуумного формування?
8. Як швидкість витяжки листа впливає на якість виробу?

9. Який мінімальний склад технологічної лінії при виробництві виробів методом вакуум- і пневмоформування? Яке з обладнань відноситься до основного, яке до допоміжного?

Практична робота № 5

Розрахунок основних технологічних та конструкційних параметрів екструдерів.

Вивчення цієї теми треба починати з усвідомлення того, що екструзія – це метод переробки термопластів у погонажні вироби безперервним методом. При цьому звернути увагу на технологічні властивості термопластів, які рекомендуються для переробки в вироби методом екструзії, на вимоги до композицій пластмас, які можна переробляти за допомогою екструзії.

Користуючись конспектом лекцій, відповідними підручниками та посібниками, вивчити конструкцію та роботу основних вузлів екструдера, особливу увагу при цьому звернути на конструкцію шнека для переробки композицій на основі конкретних полімерів, розглянути вимоги до конструкції формуючої головки, характеру течії розплаву по окремим зонам формуючої насадки, розглянути особливості конструкції робочого циліндра екструдера, системи відведення тепла та фіксації форми виробу та способів калібровки виробів, отриманих методом екструзії.

Питання для самоконтролю

1. Які термопласти рекомендуються для переробки методом екструзії?
2. Які основні вимоги висуваються до формуючих насадок при екструзії?
3. Які основні зони течії розплаву мають місце в формуючих насадках?
4. Які основні принципи конструкції профілюючих насадок?
5. Технологічні особливості виробництва плоских плівок методом екструзії.
6. Які основні параметри екструдера визначають його продуктивність?

7. Назвіть пристрої екструдера, які відводять надлишок тепла при роботі екструдера.
8. Яка функція пакету фільтруючих сіток екструдера?
9. Які технологічні стадії характеризують процес екструзії?
10. Які основні параметри екструдера та властивості пластмас визначають матеріальні потоки в екструдері?
11. Які основні параметри шнека використовують в розрахунках продуктивності екструдера?
12. Який мінімальний склад технологічної лінії при виробництві рулонних матеріалів методом екструзії? Яке з обладнань відноситься до основного, яке до допоміжного?

Практична робота № 6

Розрахунок основних технологічних та конструкційних параметрів литтєвих машин.

При вивченні цієї теми необхідно звернути увагу на те, що литтям під тиском отримують вироби не лише із термопластів, а й з деяких композицій на основі реактопластів та еластомерів. Ці обставини вносять корективи не лише в особливості температурного режиму переробки, а й потребують спеціальних вимог до композицій пластмас та оснастки процесу лиття. Також виникає необхідність ознайомлення з асортиментом матеріалів, які можна переробити даним методом.

Після цього необхідно ознайомитись з конструкцією та принципом роботи литтєвої машини, а також по матеріалам лекцій та рекомендованої до даної теми літератури вивчити режими роботи литтєвої машини (класичний режим, інтрузійний, пресовий) та випадки їх використання.

Питання для самоконтролю

1. Які технологічні стадії лиття під тиском ви знаєте? Дайте цим стадіям характеристику.
2. Які вимоги висуваються до матеріалів, що переробляються литтям під тиском?
3. Які технологічні та машинні параметри характеризують роботу литтєвої машини?
4. Назвіть основні вузли литтєвої машини.
5. Як ви охарактеризуєте зміну тиску розплаву полімерної композиції при заповненні литтєвої форми?
6. Як змінюється температура розплаву композиції від пластикації до упорскування розплаву термопласта?
7. Які особливості лиття під тиском реактопластів?
8. Який мінімальний склад технологічної лінії при виробництві виробів методом лиття під тиском? Яке з обладнань відноситься до основного, яке до допоміжного?
9. Як змінюється конструкція шнеку литтєвої машини в залежності від характеристики полімерного зв'язуючого?
10. Яким чином проводиться дегазація литтєвої форми?
11. Які елементи ливникової системи ви знаєте?
12. Чим відрізняється лиття під тиском термопластів і реактопластів?
13. Чим відрізняються холодноканальні форми від гарячечанальних?

Практична робота № 7

Розрахунок основних технологічних та конструкційних параметрів валкових машин.

Розгляд цього питання необхідно починати з уявлення основних стадій режиму переробки еластомерів, а для цього за матеріалами лекцій та

підручників вивчити функціональне призначення вузлів вальців та каландру, вивчити особливості конструкції, що дозволяють варіювати параметри готового виробу, та запобігати його різнотовщинності, ознайомитися з класифікацією та особливостями застосування різних типів каландрів. Ознайомитись з методикою підбору валкових машин та розрахунком їх продуктивності та теплового балансу.

Питання для самоконтролю

1. Які методи компенсування прогину валків ви знаєте?
2. Наведіть методи розрахунку потужності приводу та продуктивності каландра.
3. Що таке розпірне зусилля, на що воно впливає?
4. Який мінімальний склад технологічної лінії при виробництві рулонних матеріалів методом каландрування? Яке з обладнань відноситься до основного, яке до допоміжного?

Практична робота № 8

Розрахунок основних технологічних та конструкційних параметрів устаткування для завершальної обробки виробів з пластмас.

На практичних заняттях з устаткування для завершальної обробки виробів з пластмас потрібно вивчити основні методи та особливості конструкції устаткування, що необхідно для придання полімерним виробам закінченого виду. Призначення цих методів – це придання готовим виробам визначеного зовнішнього виду, створення нероз’ємного з’єднання окремих елементів виробу. Найважливішими з цих методів є механічна обробка виробів, зварювання та склеювання, нанесення декоративних покриттів.

В результаті технологічних операцій обробки виріб, попередньо виготовлений пресуванням, литтям під тиском, екструзією та іншими

методами, отримує зовнішній вигляд, якість поверхні, форму, що передбачені технічними умовами на поставку готової продукції.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте устаткування, призначене для обробки та зачищення виробів з полімерних матеріалів.
2. Які процеси протікають при зварюванні розплавом полімерів?
3. Охарактеризуйте устаткування для нанесення покриття на полімерні матеріали.
4. Які види клейових композицій для склеювання виробів з пластмас ви знаєте?

Практична робота № 9

Складання матеріального балансу виробництва заданого конкретного виробу.

На цьому практичному занятті необхідно розглянути та закріпити лекційні матеріали за даними темами з використанням рекомендованої літератури. Для цього потрібно ознайомитись перш за все з витратними коефіцієнтами за групами складності виробів та за способом їх виготовлення.

Питання для самоконтролю

1. Скільки груп складності є для литєвих виробів?
2. За якими ознаками відбувається поділ литєвих виробів на групи складності?
3. Що таке витратний коефіцієнт і які параметри він в себе включає?
4. Як визначається витратний коефіцієнт для виробів одержаних методом екструзії?
5. Як визначається витратний коефіцієнт для виробів одержаних методом пневмо- і вакуумформування?

4 МЕТОДИКА САМОСТІЙНОГО ОСВОЄННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Відповідно до навчального плану дисципліна «Основи технологічного проектування» вивчається на 1 курсі програми підготовки магістрів.

Однією з основних форм вивчення курсу є самостійна робота з рекомендованою літературою по темах, керуючись в їх вивченні методичними вказівками, поданими безпосередньо після відповідної теми. Після вивчення кожного теми рекомендується опрацювати і відповісти на всі питання для самоперевірки.

Працюючи з рекомендованою літературою, необхідно скласти конспект, який являє собою короткий виклад своїми словами наукових основ дисципліни з наведенням формул, схем, графіків і інших матеріалів, що ілюструють або пояснювальних ті чи інші теми курсу. Особливо важливо, коли студент критично викладає зміст прочитаного з урахуванням власного технологічного досвіду.

Попереднє опрацювання літератури за програмою курсу дозволить студенту грамотно виконати контрольні роботи і приступити до лекційних занять з певними знаннями, без яких складно засвоїти великий обсяг матеріалу в стислі терміни очних занять.

Після опрацювання і конспектування необхідної літератури слід виконати контрольні завдання в кількості, передбаченій навчальним планом спеціальності.

В даному курсі на самостійне опрацювання виноситься дві теми:

- загальні етапи проектування
- види проектної документації
- технологічне проектування
- технологічний регламент
- приклади розробки базового рецепту гумової суміші;
- визначення нормативних коефіцієнтів при виготовленні полімерних виробів різними методами.

4.1. Загальні етапи проектування

Ці роботи складаються з трьох основних : етапів передпроектного опрацювання, технічного проекту, робочого проекту.

4.1.1. Передпроектне опрацювання

Цей етап роботи виконують для чіткого визначення цілей, завдань і умов проектування і будівництва, а також для збору необхідної інформації.

Залежно від конкретних задач він може включати такі роботи.

1. Маркетинг майбутнього виробництва.
2. Накопичення та аналіз даних про наукові засади та можливі методи отримання продукту; про властивості напівпродуктів і матеріалів.
3. Проведення інженерно-геологічних досліджень з метою пошуку та характеристики можливого місця будівництва.
4. Комплексне обстеження і оцінка існуючого місця будівництва, характеристика ділянки розміщення.
5. Оцінка наявності та стану наявного обладнання та інших технічних засобів.
6. Аналіз наявного виробничого досвіду та технічної документації.
7. Аналіз соціально-економічної, екологічної і демографічної ситуації.
8. Розробка вимог до майбутнього або реконструйованого виробництва.

Етап завершується розробкою документів, на підставі яких ведуть проектування. До них відносяться наступні:

- *Вихідні вимоги.* Первинний документ, що формулює технічні вимоги до майбутнього виробництва або іншого технічного об'єкту.
- *Завдання на проектування.* Воно складається з наступних обов'язкових розділів: обґрунтування необхідності проектування; цілі та задачі проектування; вид будівництва; вимоги до проекту; склад проекту; порядок виконання, здавання і приймання проектних робіт; порядок реалізації проекту.

- *Технічне завдання.* В ньому містяться докладні, сформульовані у вигляді чисельних характеристик і параметрів, вимоги до технічних характеристик створюваних зразків техніки і матеріалів.

- *Вихідні дані.* Стосовно до хімічних виробництв : це характеристика продукту; відомі методи отримання продукту; властивості сировини та напівпродуктів; швидкості і рівноваги хімічних і фізико-хімічних процесів; технологічні документи.

4.1.2. Технічний проект

На даному етапі розробляють основні технічні рішення по проблематиці проекту; виявляють неточності Завдання і неповнота Вихідних даних; встановлюють необхідні доопрацювання та узгодження розділів проекту.

4.1.3. Робочий проект

Це остаточний варіант проекту, який містить всі необхідні, передбачені Завданням документи. На етапі робочого проектування усуваються всі виявлені недоліки, погоджують зміни із Замовником; остаточно узгоджують усі проектні рішення; по розділах розробляють робочу документацію для будівельно-монтажних робіт, пуску і освоєння виробництва.

Зміст та розділи проекту виробництва:

1. Технологія виробництва.
2. Управління та автоматизація виробництва.
3. Механізація виробництва.
4. Електропостачання: силове і слабкострумове.
5. Загальне енергозабезпечення, паросилові системи, газопостачання, компресорні і вакуумні системи, печі та котли технологічного призначення.
6. Опалення і вентиляція.
7. Водопостачання і каналізація.
8. Системи інформаційної та фізичного захисту.

9. Будівельна частина. Виробничі будівлі (або приміщення). Будівлі (або приміщення) інших технічних систем, складські або допоміжні. Адміністративно-побутові будівлі. Підземні, наземні і надземні споруди і мережі. Внутрішні і зовнішні рейкові і нерейкові шляхи. Басейни та водотоки.

4.2. Види проектної документації

Пояснювальна записка – це текстовий документ, що містить необхідні обґрунтування, розрахунки, коментарі і виклад принципів, закладених в проект.

Графічні матеріали. Схеми та креслення, відповідно до яких ведуть будівництво, монтаж і експлуатують виробництво.

Відомості та специфікації. Документи табличної або текстово-табличної форми, що містять точні вказівки щодо типів і технічних характеристик обладнання, покупних матеріалів і комплектуючих: тобто всього матеріального забезпечення будівництва та виробництва.

Кошторисні документи. Текстові та табличні документи, які містять необхідні економічні розрахунки і обґрунтування вартості реалізації проекту.

4.3. Технологічне проектування

Проектування здійснюється у відповідності зі схемою: технічний проект - робочий проект.

4.3.1. Етапи технічного проекту

1. Аналіз завдання та вихідних даних.
2. Визначення основних характеристик проєктованого виробництва.

Вибирають режим роботи виробництва в цілому: режим з зупинками на вихідні і святкові дні або виробництво безперервне . В цикл вибирають тип технологічного процесу за стадіями: безперервний, періодичний або безперервно-періодичний. Оцінюють графік планово-запобіжних і поточних ремонтів; обчислюють реальний річний (квартальний, місячний) фонд робочого часу. Знаходять середньодобову продуктивність.

3. Загальний аналіз хіміко-технологічного процесу і хіміко-технологічної системи. Він полягає в побудові хімічної, технологічної і апаратурної схем, а також циклограм процесу.

Хімічна схема процесу повинна бути представлена у вигляді рівняння реакції по одержанню полімеру (кінцевого продукту) та складу композиції з наведенням всіх компонентів, що її складають з врахуванням їх хімічних формул та властивостей.

Технологічна схема процесу. Для розбивки стадій виробництва на технологічні операції знаходять вказівку на використання основного технологічного обладнання починаючи від підготовчого до завершального.

Апаратурна схема виробництва. на ній представляють лише технологічне обладнання та засоби автоматизації, задіяні в даному конкретному процесі.

Обладнання загального призначення та мережі не відображають; типи трубопровідної арматури не деталізують; правила і особливі вимоги до монтажу не приводять. Побудова схеми дозволяє попередньо вибрати типи обладнання; представити схему споживання енергоресурсів; відобразити загальну схему технологічних трубопроводів; показати загальні принципи контролю, автоматизації і управління процесом.

Циклограма. Це схема, що відображає хід процесу у часі. Побудова циклограм необхідна при проектуванні періодичних процесів (у безперервних процесах всі стадії та операції здійснюють одночасно).

Виділяють два види циклограм.

Для опису стадій виробництва і технологічного процесу в цілому застосовують топологічні циклограми, які показують загальний стан основних апаратів в часі. Сумарний час роботи всіх основних апаратів складає загальну тривалість технологічного циклу. Ця циклограма показує критичні, найбільш тривалі операції, а також виявляє характер зайнятості персоналу –

можливості людей одночасно обслуговувати декілька апаратів і загальний рівень навантаження на людину.

Для опису динаміки перебігу процесів у конкретних апаратах застосовують циклограми фізичного стану апарату. Це графіки, що показують зміни в конкретному обладнанні.

Виконання цього етапу дає цілісну і найбільш наближену картину проектного процесу.

4. Збір даних про властивості речовин і матеріалів. Відомості про фізико-хімічні властивості сировини, матеріалів, напівпродуктів.

5. Розрахунок матеріального балансу процесу. Центральний етап всіх розрахунків. Матеріальний баланс - основа для вибору обладнання; розрахунків динаміки процесів; визначення потреб у сировині та матеріалах; оцінки економічних і екологічних характеристик процесу.

6. Попередній вибір обладнання. Вибір устаткування проводять на підставі відомостей про матеріальний баланс, стадій і операцій процесу, властивостей продуктів і середовищ, умов ведення процесу.

7. Розрахунки динаміки процесів. Технологи виконують розрахунки динамічних характеристик процесу(швидкості, теплові, потужності процесів; реальний час протікання перетворень, масообмінних, теплових та інших процесів). Ці розрахунки мають характер повірочних.

8. Розробка ескізних варіантів креслень. В розділ входять наступні графічні документи:

- Монтажно-технологічні (функціональні)схеми; відображають послідовність з'єднання та принципи роботи всього технологічно, енергетичного, транспортного, керуючого обладнання.

- Плани і розрізи, що зображують просторове розташування устаткування.

- Монтажно-технологічні креслення, показують компонування (точне розташування) обладнання і трасування в просторі технологічних трубопроводів і мереж.

4.3.2. Етапи робочого проекту

1. Уточнення загальної структури процесу і розрахунків. У більшості випадків після доопрацювання завдання потрібно уточнити апаратурну і технологічну схеми виробництва і результати технологічних розрахунків.

В результаті отримують такі відомості:

- Уточнений графік роботи.
- Уточнену апаратурну схему виробництва.
- Уточнену технологічну схему виробництва.
- Уточнені норми технологічного режиму процесу.
- Порядок завантажень, час на здійснення технологічних операцій; робочі значення температур і тиску; динаміка стадій і операцій процесу.
- Уточнені вимоги до якості сировини і матеріалів. Норми втрат і виходи продуктів за стадіями.
- Енергетичний баланс процесу. Вимоги до параметрів і витрати енергоносіїв. Уточнені вимоги до автоматизації і механізації виробництва.
- Уточнені вимоги до системи аналітичного контролю та метрологічного забезпечення виробництва. Склад і кількість відходів і викидів в навколишнє середовище.
- Трудомісткість виробництва; норми зайнятості, склад і чисельність персоналу.

2. Виготовлення робочої документації. За результатами уточнених розрахунків виготовляють робочу документацію, відповідно до якої здійснюють будівництво, монтаж і пуск нового виробництва. Вона містить такі документи:

- пояснювальна записка;

- робочі креслення (монтажно-технологічні схеми;
- плани і розрізи;
- монтажно-технологічні креслення);
- специфікації обладнання;
- замовні специфікації (відомості) матеріалів і комплектуючих виробів;
- кошторисні дані; пусковий регламент для нового виробництва.

4.4. Технологічний регламент

Технологічний регламент - технічний документ встановленої форми, що визначає правила ведення технологічного процесу.

1. *Лабораторний.* Розробляється за результатами НДР. Служить основою для проектування дослідного виробництва.

2. *Дослідно-промисловий.* Служить основою для проектування серійного виробництва.

3. *Пусковий.* Розробляється за результатами проектування серійного виробництва. Використовується в період пуску і освоєння виробництва – зазвичай 6...12 місяців.

4. *Промисловий.* Розробляється за результатами виробництва. Використовується для ведення освоєння серійного виробництва. Підлягає перегляду і уточненню не рідше, ніж кожні 5 років.

5. *Типовий - ТР.* Специфічний вид регламенту для паралельних виробництв з єдиною технологією. Регламент складається з наступних розділів:

- Характеристика кінцевого продукту.
- Хімічна схема виробництва.
- Технологічна схема виробництва.
- Апаратурна схема виробництва та специфікація обладнання.
- Характеристика сировини, матеріалів і напівпродуктів.
- Перебіг технологічного процесу.

- Матеріальний баланс технологічного процесу.
- Переробка і знешкодження відходів виробництва.
- Контроль виробництва і управління технологічним процесом.
- Техніка безпеки, пожежна безпека і виробнича санітарія.
- Охорона навколишнього середовища.
- Перелік виробничих інструкцій.
- Техніко-економічні нормативи.
- Інформаційні матеріали.

4.5. Приклади розробки базового рецепту гумової суміші

Каучуки, за звичай, самотійно не використовуються, а є основою для композиційного матеріалу який називається гума.

Гума – це унікальний конструкційний матеріал, властивості якого можна значно змінювати за рахунок варіювання складу. Тому гума та вироби на її основі широко використовуються і в значній мірі визначають темпи розвитку багатьох галузей народного господарства – від ракетної техніки до медицини та побуту.

Принципи побудови рецептур гумових сумішей

Створення композиційного матеріалу з заданим рівнем техніко-економічних показників є однією з найважливіших задач сучасної технології гуми. Набутий досвід показує, що для її вирішення необхідно керуватися наступними положеннями:

- визначити комплекс принципових експлуатаційних властивостей гумових виробів або деталі гумового виробу з урахуванням умов експлуатації, терміну та умов зберігання;
- визначити рівень фізико-механічних властивостей гумм;
- розробити та визначитись з технологією виготовлення гумових сумішей, напівфабрикатів та гумових виробів;

- визначити технологічні властивості гумових сумішей.

З метою полегшення процесу розробки оптимальної рецепту гумової суміші з заданими властивостями його ділять на два етапи :

а) розробка основного рецепту, який відповідає заданим вимогам, тобто вибір каучуків, вулканізувальної системи, наповнювачів, пластифікаторів, стабілізаторів та їх приблизного вмісту;

б) оптимізація основного рецепту, тобто застосовування інгредієнтів спеціального призначення (пороутворювачів, антипіренів, модифікаторів, барвників, фунгіцидів, дезодорантів та інш.) та визначення оптимального співвідношення між компонентами.

Всі компоненти гум поділяються на шість основних груп (табл.. 2).

Таблиця 2 - Основні групи інгредієнтів гумової суміші

Назва групи	Призначення
1. Каучукова основа (один або декілька каучуків)	Визначає основні властивості гуми.
2. Вулканізувальна група - вулканізувальний агент; - прискорювачі вулканізації; - активатори прискорювачів; - уповільнювачі;	Для вулканізації каучуку
3. Наповнювачі	Впливають на фізико-механічні та технологічні властивості гум, знижують собівартість
4. Технологічні добавки	Покращують процес виготовлення та переробки гумових сумішей.
5 Протистарювачі	Уповільнюють процес старіння гум та гумових виробів при зберіганні та під час експлуатації
6 Спеціальні добавки (модифікатори, одоранти, пороутворювачі, антипірени, барвники та інші)	Надають гумам спеціальних властивостей

Склад гумової суміші та співвідношення компонентів записується у вигляді рецепту.

Форм запису рецепту є п'ять (табл. 3) :

- у масових частках інгредієнтів на 100 мас.ч. каучука;

Таблиця 3 – Форми запису рецептів

Найменування інгредієнтів	Мас.ч. на 100 мас.ч. каучука	Масові відсотки	Густина, г/см ³	Об'ємні часті	Об'ємні відсотки	Наважки, г
СКИ-3	20,00	11,70	0,91	21,98	14,20	117,0
СКМС-30 АРКМ-15	60,00	35,40	0,96	62,50	42,60	354,0
СКД	20,00	11,70	0,91	21,98	14,20	117,0
Сірка	1,50	0,88	2,05	0,73	0,46	8,8
Сульфенамід Ц	1,30	0,76	1,3	1,00	0,64	7,6
Сантогард РVІ	0,20	0,12	1,2	0,17	0,10	1,2
Оксид цинку	3,00	1,78	5,47	0,55	0,34	17,8
Діафен ФП	1,00	0,59	1,15	0,87	0,55	5,9
Ацетонаніл Р	1,00	0,59	1,12	0,89	0,57	5,9
Пластифікатор нафтовий (масло ПН-6)	10,00	5,80	0,95	10,53	6,90	58,0
Стеарин техн.	2,00	1,18	0,96	2,08	1,34	11,8
Технічний вуглець П-245	50,00	29,50	1,82	27,47	18,10	295,0
Разом	170,00	100,0		150,75	100,00	1000,00
	M	M _B	ρ	V	V _B	H
Формули для розрахунку показників	$M = \sum M_i$	$M_{B_i} = M_i * 100 / M$	$\rho_{\text{сум.}} = M / V$	$V = \sum V_i$ $V_i = M_i / \rho_i$	$V_{B_i} = V_i * 100 / V$	$H_i = M_{B_i} * H$ $/ 100 \quad H = \sum H_i$

- у масових відсотках (коли загальна кількість масових часток гумової суміші дорівнює 100%, і розрахунковим шляхом визначають мас.% кожного компоненту);

- об'ємні частки – одержують розрахунковим шляхом ділять мас.ч. компоненту на його щільність. Відношення загальної кількості масових часток до загальної кількості об'ємних часток дорівнює щільності даної гумової суміші;

- об'ємні відсотки розраховують приймаючи загальну кількість об'ємних часток за 100 %;

- робочій рецепт або наважки на одну заправку – розраховують на масу або об'єм визначеної кількості гуми.

В табл. 2 наведений приклад рецепту та розрахункові формули. Середня густина наведеної гумової суміші - $1,127 \text{ г /см}^3$

Вибір каучукової основи

Найбільш важливим при розробці рецептури є вірний вибір каучука або комбінації кількох каучуків, які забезпечують необхідні технологічні, технічні властивості та обумовлюють в значній мірі вартість готових виробів. При виборі каучукової основи гумової суміші виходять з умов експлуатації виробів: наявність або відсутність механічних навантажень, деформацій і вібрацій; температурним інтервалом роботи; середовищем – масла, агресивні речовини, гази; випромінювання та інше.

Велике поширення в останній час набуло поєднання каучуків з пластиками (поліетиленом, поліпропіленом, полістиролом, полівінілхлоридом та бутадієн-стирольними смолами). Завдяки термопластичності перелічені пластики підвищують пластичність гумових сумішей при обробці і тим самим знижують витрати електроенергії, а також поліпшують технологічні властивості. При охолодженні сумішей пластики підвищують каркасність, когезійну міцність. Застосування пластиків разом з високоненасиченими

каучуками підвищує їх стійкість до окислення. У каучуках, які некристалізуються, пластики є посилювачами та збільшують міцнісні властивості гум, в зв'язку з чим можливе одержання високоякісних кольорових гум, наповнених малоактивними наповнювачами.

Вулканізація – це хімічний процес формування трьохмірної просторової структури у матриці каучука, за рахунок утворення хімічних зв'язків між лінійними макромолекулами.

Основним вулканізуючим агентом для ненасичених каучуків є сірка. **Сірчана вулканізаційна система** включає крім вулканізуючого агенту – сірки – також прискорювачі вулканізації, активатори прискорювачів, донори сірки та уповільнювачі процесу підвулканізації. Всі ці компоненти впливають як на технологічні властивості сумішей (опір підвулканізації, час та температуру вулканізації, стійкість до реверсії), так і на фізико-механічні властивості гум (ступень вулканізації, міцність, теплостійкість, еластичність).

Для вулканізації хлоропренових та карбоксилвмісних каучуків застосовують **оксиди металів**.

Фенол-формальдегідні смоли широко застосовуються для вулканізації полімерів з низьким ступенем ненасиченості – бутилкаучуків і СКЕПТ. Отриманні таким чином гуми відрізняються збільшеною теплостійкістю.

Органічні перекиси застосовуються для вулканізації полімерів, які не мають подвійних зв'язків (етилен-пропіленові (СКЕП), фтор, уретанові та силосанові каучуки).

Вибір вулканізуючої системи обумовлений типом каучуку, вимогами до гумового вибору, технологією його виготовлення та економічними міркуваннями.

Вулканізуюча група повинна бути підібрана таким чином, щоб при одержанні та переробці гумових сумішей повністю виключити передчасну вулканізацію, а на стадії вулканізації процес утворення поперечних зв'язків проходив з великою швидкістю.

Прискорювачі найчастіше застосовують при використанні в якості вулканізуючого агента елементарної сірки.

При виборі типу прискорювача слід враховувати його вплив на кінетику вулканізації гумових сумішей, щоб запобігти підвулканізації сумішей та забезпечити високу швидкість вулканізації в головному періоді і широке плато вулканізації. Крім того, необхідно враховувати вплив прискорювачів на технічні властивості вулканізацій.

Можна виділити такі класи прискорювачів: дитіокарбомати, тіазоли, тіурами, сульфенаміди, гуанідіни.

З них дитіокарбомати та ксантогенати відносяться до класів ультраприскорювачів. Вони дають кінетику вулканізації з дуже низьким опором підвулканізації (індукційний період майже відсутній), дуже високою швидкістю вулканізації та пікоподібним плато. Найбільш широко ультраприскорювачі застосовуються для низькотемпературної вулканізації, при виготовленні виробів з латексу або в гумових сумішув на основі каучуків з низькою ненасиченістю (БК,СКЕПТ).

Тіурамові прискорювачі обумовлюють високу швидкість вулканізації при відсутності індукційного періоду та пікоподібного плато, для попередження підвулканізації додають сульфенаміди, тіазоли. Гуми мають високу теплостійкість та опір стиранню.

Тіазоли (каптакс, альтакс) забезпечують середню швидкість та ступінь вулканізації при невеликому індукційному періоді та широкому плато. Швидкість вулканізації зростає при їх спільному використанні з 0,2-0,3 мас.ч. тіураму. Такі гуми мають невисоку міцність, але відмінний опір старінню.

Сульфенаміди одночасно забезпечують тривалий індукційний період та високу швидкість вулканізації. За об'ємом споживання сульфенаміди займають перше місце (близько 90 %). Сульфенаміди надають гумам високу стійкість до динамічних навантажень, добрий опір стиранню.

Висока термостабільність гуанідинів – причина тривалого індукційного періоду і низької швидкості вулканізації гумових сумішей, які вміщують ці речовини, в якості первинних прискорювачів. Гуанідини застосовуються для вулканізації масивних виробів. Також гуанідини утворюють синергічні системи високої активності з іншими прискорювачами.

З вище сказаного видно, що на практиці в гумових сумішах часто застосовують не один прискорювач процесу сірчаної вулканізації, а системи прискорювачів. При виборі системи прискорювачів переслідують наступні цілі:

- запобігання передчасній вулканізації;
- скорочення оптимальної тривалості вулканізації;
- зменшення загального вмісту прискорювачів;
- поліпшення фізико-механічних властивостей гум.

Найбільш широке застосування знайшли подвійні системи прискорювачів, які дозволяють різко інтенсифікувати процес вулканізації при одночасному зростанні тривалості індукційного періоду.

Подвійні системи за характером дії на швидкість вулканізації каучуків діляться на три групи:

- системи з взаємною активацією прискорювачів (синергічні). До них відносять сполучення тіурамів або тіазолів з гуанідинами, а також поєднання тіурамдісульфідів з сульфенамідами;

- системи з активацією одного прискорювача. Цей ефект характерний при сполученні сульфенамідів з гуанідинами;

- системи з аддитивною дією. Це комбінації сульфенамідів і тіураммоносудфідів, а також системи прискорювачів, які відносяться до одного класу хімічних сполук.

При виборі вулканізуювальної системи велике значення має **співвідношення концентрацій сірки та прискорювача**. У залежності від температури вулканізації гумових сумішей можливе застосування звичайних (ЗВ), напівефективних (НЕВ), або ефективних (ЕВ) вулканізуювальних систем.

Обов'язковими компонентами кожної вулканізуючої системи є *активатори вулканізації*.

Відома значна кількість неорганічних та органічних речовин, які активують процес вулканізації. Однак на практиці, як правило, застосовується оксид цинку в поєднанні з жирною кислотою (стеариною або олеїною). У присутності активаторів кінетика вулканізації практично не змінюється, проте збільшується концентрація поперечних зв'язків при однаковій кількості зв'язаної сірки, зменшується ступінь сульфідності поперечних зв'язків, в зв'язку з чим утворюються вулканізати з більш високим комплексом технічних властивостей.

У гумові суміші на основі ненасичених каучуків, які вулканізуються сіркою, додають спеціальні речовини, що збільшують тривалість індукційного періоду вулканізації. Ці речовини – *уповільнювачі передчасної вулканізації* (підвулканізації), не повинні знижувати швидкість і ступінь зшивки в головному періоді, і також не повинні погіршувати властивості вулканізаторів.

Із значної кількості речовин, які задовольняють перераховані вимоги, практичне застосування знайшли: бензойна кислота, фталевий ангідрид, N-нітрозодифеніламін (N-НДФА) та N-циклогескситіофталімід (сантогард RVI).

Вибір наповнювача

Одним із ефективних методів модифікації властивостей полімерів є їх наповнення – введення відносно великої (від 30 до 300 і більше мас.ч. на 100 мас.ч. еластомеру) кількості твердих, рідких або газоподібних речовин – наповнювачів. Наповнювачі займають друге місце після каучуків у складі гумових сумішей за масою.

Введення наповнювачів сприяє:

- покращенню технологічних властивостей гумових сумішей;
- підвищенню фізико-механічних властивостей гум;
- збільшенню об'єму матеріалу та зменшенню його собівартості;
- забарвленню гуми.

Одним з найбільших поширених органічних наповнювачів є технічний вуглець.

Широке застосування технічного вуглецю (ТВ) в гумовій промисловості пов'язано з тим, що:

- по перше – він виробляється з доволі дешевої та доступної сировини – природного газу та ароматичних вуглеводневих нафтових масел.

- По друге – в виробництві можна одержувати технічні вуглеці з різноманітними фізико-технічними характеристиками – дисперсністю, шорхістю, кислотністю поверхні, а відповідно й різною активністю у гумових сумішах.

Великим недоліком технічного вуглецю є його чорний колір, що не дозволяє випускати кольорові гуми, наповнені ТВ.

Позбавлені такого недоліку неорганічні наповнювачі. До них відносяться як мінеральні наповнювачі природного походження – крейда, каолін і деякі інші, так і синтетичні мінеральні наповнювачі – колоїдна кременева кислота (біла сажа та аеросил), оксиди і силікати різних металів. Але мінеральні наповнювачі є неактивними або напівактивними, що обмежує їх застосування.

Наповнювачі зазвичай високодисперсні матеріали, бажано кулеподібної форми. При поєднанні наповнювачів з каучуками на межі розподілу фаз проходить адсорбційна, а іноді і хімічна взаємодія, яка посилюється з ростом поверхні контакту. У залежності від характеру цієї взаємодії наповнювачі діляться на два класи:

- посилювачі, або активні наповнювачі, які суттєво (у 10 раз) підвищують міцність каучуків, що не кристалізуються, та поліпшують ряд інших властивостей гум (опір роздиру, зносу, модуль та інше.);

- розбавлювачі, або неактивні (інертні) наповнювачі, які застосовуються для зниження вартості гум, і при цьому поліпшують здатність гум до переробки та надають вулканізатам ряд специфічних властивостей (тепло-, масло-, світлостійкість, негорючість та інше.)

Технічний вуглець як наповнювач застосовуються у 70-80 випадках із ста, мінеральні сполуки – у 15-25 випадках, органічні сполуки застосовуються у 5 випадках із ста.

Наповнювачі, особливо активні, різко підвищують в'язкість сумішей, температуру їх обробки та енергозатрати. У зв'язку з цим, з метою полегшення процесу обробки та поліпшення технологічних властивостей сумішей (зростання пластичності та опору підвulkanізації) доцільно застосовувати технологічні добавки.

Дія **технологічних добавок** різноманітна і залежить, насамперед, від сумісності з каучуком. За принципом дії технологічні добавки можна умовно поділити на наступні групи:

- **пластифікатори** мають високу сумісність з каучуком за рахунок чого збільшують рухливість надмолекулярної структуру макромолекул, що призводить до зниження температури склування каучуків, підвищення еластичності та морозостійкості гум;

- **пом'якшувачі** мають меншу сумісність с каучуком, знижують в'язкість наповненого полімеру, полегшують обробку сумішей, але не впливають на морозостійкість;

- **диспергатори** покращують розподіл наповнювачів та інших інгредієнтів у матриці полімеру.

І пластифікатори, і пом'якшувачі, і диспергатори завдяки зниженню в'язкості сумішей, дозволяють підвищити наповнення і тим самим сприяють зниженню собівартості гум.

При виборі типу та кількості технологічних добавок необхідно враховувати наступні принципи:

- 1) Природу каучука, бо ефект пластифікації зростає при підвищенні сумісності пластифікаторів з каучуком:

- а) для полярних каучуків застосовуємо полярні пластифікатори;
- б) для неполярних – неполярні добавки;

в) у насичені каучуки вводять добавки з високим вмістом парафінових вуглеводнів.

г) у ненасичені каучуки – добавки з високим вмістом нафтових вуглеводнів;

д) «жорсткі» каучуки з високою в'язкістю вимагають високого вмісту технологічних добавок

2) Вміст технологічних добавок залежить від типу і активності наповнювача: чим активніше наповнювач і більший його вміст в суміші, тим більше вміст добавки.

Вибір стабілізаторів

При тривалому зберіганні каучуків і гум та під час експлуатації гумових виробів змінюється їх фізичні, хімічні та механічні властивості, при чому еластичні властивості можуть повністю втрачатись. Такі зміни властивостей каучуків і гум отримали назву старіння.

Основною причиною цих змін є окислення каучуків і гум. Вплив температури, світла, радіації, механічної деформації та присутність каталізаторів окислення (солей металів змінної валентності) активують та прискорюють цей процес.

Для захисту каучуків і гум від окиснення використовують спеціальні речовини – **протистарювачі або антиоксиданти**, які уповільнюють ланцюгові реакції окислення.

За стійкістю до окислення каучуки різко поділяються на дві групи:

- ненасичені (натуральний, бутадієновий, ізопреновий), які мають дуже низьку стійкість до всіх видів старіння;

- насичені (бутилкаучук, етиленпропіленовий каучук, сілоксанові та уретанові каучуки).

Проміжне положення займають ненасичені каучуки з полярними групами, які екранують подвійні зв'язки і знижують їх хімічну активність (поліхлоропренові, нітрильні) та сополімери, у яких поєднані насичені та

ненасичені блоки (нітрильні, бутадієнстирольні, потрійний етиленпропіленовий каучук). У сополімерів при збільшенні вмісту ненасичених блоків стійкість до старіння підвищується.

При виборі стабілізатора беруть до уваги наступні його властивості: хімічний склад, густина, фізичний стан, колір, летучість, можливість міграції на поверхню, вплив на вулканізацію, стабільність до світла, розчинність в каучукові та пластифікуючий вплив на суміші, токсичність.

Протистарювачі повинні бути тонко дисперсними, краще діють ті з них, які добре розчиняються в каучукові при звичайній та підвищеній температурах.

При розробці рецептур гумових сумішей для виробів різного призначення також необхідно врахувати, те що кожен із протистарювачів має свою оптимальну концентрацію. У більшості випадків вона складає 1-2 %.

Як правило, на практиці один протистарювач не забезпечує в достатній мірі стабілізацію каучуків та гум, тому, звичайно, використовують бінарні суміші інгібіторів. Значне поглиблення інгібуючої дії при застосуванні бінарних систем антиоксидантів пояснюється тим, що вони запобігають швидкому використанню один одного.

Якщо захист каучуків здійснюється тільки за допомогою антиоксидантів, то для стабілізації гум (внаслідок надзвичайної різноманітності умов їх експлуатації) крім антиоксидантів застосовують антиозонанти, протистомлювачі, антиради, захисні воски, термостабілізатори, комплексоутворювачі та деякі інші продукти.

При експлуатації більшості гумових виробів світло та кисень діють на них сумісно. Тому необхідно враховувати їх сумарний вплив на процес старіння. Для ефективно захисту каучуків і гум від світлового старіння використовують дезактиватори ультрафіолетового світла (2-оксибензофенони) разом з приведеними раніше протистарювачами.

Крім світлового старіння на поверхні гум протікає і озонне старіння, яке за характером хімічних реакцій різко відмінне від старіння під впливом звичайного атмосферного кисню.

Слід відзначити, що використання комбінації фізичних та хімічних протистарювачів дозволяє підвищити стійкість технічних гум до різних видів старіння, враховуючи і втому [1].

4.6. Визначення нормативних коефіцієнтів при виготовленні полімерних виробів різними методами

Нормування витрати виробничих ресурсів є важливою передумовою для успішного проектування технологічного процесу (ТП). Однак на відміну від нормування трудових, енергетичних та інших витрат, що мають загальний характер для будь-якого виробництва, нормування матеріальних витрат має багато специфічних особливостей, обумовлених природою матеріалів, що використовуються для виготовлення конкретного виробу. Виходячи з цього, метою даної теми є охарактеризувати основи нормування витрат полімерних матеріалів (ПМ) в залежності від їх виду та об'єктів переробки.

Класифікація норм витрати ПМ

Норма витрат характеризує максимально допустиму кількість ПМ (або його компонентів - сировини) на виробництво одиниці продукції необхідної якості в заданих умовах виробництва. Основними ознаками для класифікації цих норм є ступінь агрегації продукції, ступінь укрупнення об'єкта виробництва та номенклатури ПМ, період дії витратних норм.

Типова структура норм витрати ПМ в основному виробництві

Сучасні методики нормування полімерної сировини і матеріалів базується на загальних методичних вказівках [4] і передбачають типову структуру норм витрати ПМ у вигляді суми трьох складових:

$$H_p = P_o + PTO + PTP, (2)$$

де P_o - корисна витрата (чиста маса) готової продукції з ПМ без арматури; PTO - технологічні відходи; PTP - технологічні втрати.

Чисту масу одиниці готової продукції (без арматури) визначають шляхом зважування не менше 25 придатних виробів з партії і розрахунку середньої маси з точністю до 0,01 г при масі виробу до 1 г і з точністю до 0,1 г при масі вироби до 100 г і більше. У нормативно-технічній документації вказують чисту масу, встановлену за номінальними значеннями параметрів. Однак при затвердженні чистої маси на весь період дії замовлення враховують інтервали її зміни в залежності від допусків на розміри виробів за кресленням, густини ПМ, що переробляється, режимів формування, фактичних розмірів оснастки і форм-дублерів та інше.

Зниження норм витрат сировини досягається зменшення чистої маси виробу при збереженні його експлуатаційних властивостей за рахунок вдосконалення конструкції виробу і оснастки та інших конструкторсько-технологічних рішень. Відповідні коригування вносять в нормативно-технічну документацію.

Технологічні відходи являють собою залишки вихідної сировини (смоли, армуючих елементів, ПМ), що утворилися в процесі виробництва продукції і частково або повністю втратили показники якості вихідної сировини. Причому технологічні відходи це не лише залишки у вигляді, наприклад, литників, технологічних припусків, браку, що виникають в ході виконання ТП переробки сировини, але і техніко-організаційні відходи, що утворюються при ремонтах та налаштуванні засобів технічного оснащення технологічних операцій.

За принципом подальшого використання технологічні відходи виробництва полімерної продукції діляться на використовувані (реальні) вторинні матеріальні ресурси (ВМР) і невикористовувані (потенційні) ВМР. Категорія «вторинні матеріальні ресурси» розглядається в даному випадку як

сукупність відходів виробництва, які можуть бути використані в якості сировини для випуску продукції або реалізації на будь-які потреби інших підприємств.

Розрахунок загальної кількості всіх різновидів технологічних відходів здійснюється за формулою:

$$РТО = (Кво + КБО) Рo,$$

де Кво - коефіцієнт використаних відходів, що характеризує відношення кількості використаних відходів до чистої маси; КБО - коефіцієнт безповоротних відходів або невикористаної вторинної сировини, що характеризує відношення кількості цих відходів до чистої маси продукції.

Технологічні втрати представляють кількість ПМ або складових його компонентів, що безповоротно втрачаються в процесі, зумовленому технологією виробництва (розпорошення, налипання, втрата летючих продуктів при сушінні, таблетуванні, фізико-хімічної переробки матеріалу та інше).

У норму витрати ПМ в основному виробництві не включають:

- втрати при транспортуванні і зберіганні (несправність тари, псування сировини та інше);
- втрати і відходи, викликані відступом від встановлених регламентів, рецептур, технології, а також різного роду неполадками в організації виробництва і постачання і випуском бракованої продукції;
- втрати і відходи, викликані відступом від передбаченого технічною документацією асортименту;
- витрата сировини і матеріалів на допоміжні та інші потреби виробництва та інші види витрат, прямо не пов'язані з виготовлення продукції, що випускається з ПМ.

Витрати, які не увійшли в фактичні витрати сировини і ПМ на основне виробництво, списують по відповідних кошторисів і актів.

Оскільки основною проблемою нормування ПМ є необхідність врахування великої кількості різних факторів, їх класифікують за сферами прояву [1]. Так, відповідно до послідовності виконання етапів технічної підготовки виробництва розрізняють первинні чинники, зумовлені конструкцією створюваного виробу (продукту праці), і вторинні (похідні) фактори, обумовлені технологічною складовою виробництва (процесом праці). **Первинні чинники** в свою чергу поділяються на дві групи, що відображають кількісні та якісні характеристики продукту праці.

Кількісні характеристики зазвичай зводяться до визначення чистої маси ПМ в складі готового виробу. Саме ця характеристика визначає величину норми витрати ПМ відповідно до встановленої закономірності, згідно з якою на випуск, наприклад, 1 т дрібних виробів потрібно значно більше сировини і ПМ, ніж на випуск 1 т великих (масивних) виробів. Пояснюється це тим, що на однакову масу дрібних виробів доводиться відносно велика частка відходів у вигляді облоя, литників, технологічних припусків. В результаті, наприклад, для дрібних (до 0,45 г) литих виробів градієнт зміни відношення витраченої маси наважки ПМ до чистої маси виробів може підвищуватися в діапазоні 20 - 40 разів у порівнянні з масивними (понад 500 г) виробами.

Збільшення маси наважки, в свою чергу, обумовлює зростання втрат при підготовці ПМ (сушка, гранулювання, поєднання компонентів, таблетування) і формуванні (виділення летких продуктів, вологи). При випуску дрібних виробів одночасно збільшуються не тільки матеріальні, але й енергетичні, і трудові витрати на переробку технологічних відходів.

Якісна характеристика предмета праці -це оцінка конструктивно-технологічної складності виробів, яка обумовлює відсоток технологічного браку. У зв'язку з цим передбачена класифікація полімерних виробів за групами складності. При цьому число груп, систематизують характерні ознаки виробів, залежить від типів ПМ і технологічних способів їх переробки. Наприклад, класифікація конструкційно-технологічних ознак литєвих і

пресованих виробів містить шість груп складності продуктів праці, в той час як екструзійно-раздувні вироби класифікуються на п'ять груп складності, а вироби з безперервно армованих пластиків, одержувані намотуванням або викладанням, - всього на три групи складності [4].

Характеристики предметів праці відображають вплив властивостей сировини і ПМ на різних стадіях переробки обраним технологічним способом на втрати і відходи у складі норми витрати. Так, суттєво відрізняються втрати маси ПМ при їх підсушуванні (полістиролу - в середньому 0,2%, поліаміду - 0,8%), підготовці до пресування (фенопластов - в середньому 2,6%, феноскловолоконів - 5,1%), при безпосередній переробці в результаті виділення летких продуктів (полістиролу - в середньому 0,5%, сополімерів стирулу - 0,9%, фенопластів - 1,8%, феноволоконів - 2,7%).

Крім того, вид ПМ впливає на кількість відходів в процесі переробки і на подальше їх використання. Наприклад, значну частину відходів термопластів у вигляді литників і браку використовують для виробництва тієї ж або аналогічної продукції, що дозволяє враховувати тільки технологічні втрати, відповідно знижуючи норму витрати ПМ. Однак для різних термопластів така можливість реалізується в неоднаковій мірі. Найбільш повно вирішена проблема переробки відходів поліетилену, більшості марок полістиролу і сополімерів стирулу, поліамідів, поліпропілену.

При переробці реактопластів відходи використовуються в меншій мірі. У кількостях до 5 - 8% їх іноді додають до первинного ПМ або застосовують у виробництві продукції будівельного призначення (плити, блоки та інше).

Таким чином, залежність норм витрат від виду ПМ обумовлена комплексом хімічних, фізичних, механічних і технологічних властивостей.

Хімічні властивості обумовлюють механізм реакцій, які супроводжують переробку ПМ і старіння під дією атмосферних умов.

Фізичні властивості обумовлюють відходи і втрати з причин крихкості, водопоглинання, теплового розширення, реологічної недосконалості і інше.

Механічні властивості - з причин різної деформованості компонентів ПМ, абразивного зносу, низькою контактною міцністю та інше.

Технологічні властивості - з причин плинності, швидкостей кристалізації, затвердіння, усадки, розкиду гранулометричного складу і ряду інших проявів.

Нестабільність всіх цих властивостей і недостатня їх оцінка зумовлюють складність управління ТП переробки ПМ в виробі, збільшення технологічного браку, непродуктивних втрат і, отже, норм витрат сировини і ПМ.

На підготовчій стадії ТП здійснюють різні операції підготовки сировини. Основними серед них вважаються таблетування, жгутування (для волокнистих ПКМ) або пресування вихідної сировини. Нерідко на цій же стадії ТП здійснюють просів компонентів ПМ, підсушування або зволоження, гранулювання, попередній підігрів і деякі інші операції. При цьому кожен раз вирішуються не лише завдання підвищення якості виробів або скорочення технологічного циклу виробництва, а й зниження витрати ПМ за рахунок скорочення браку і зменшення зносу інструменту, що супроводжуються додатковими витратами ПМ.

На основній стадії ТП, точніше безпосередньо в ході реалізації операції формування виробу, втрати утворюються у вигляді летючих продуктів і пилу, а відходи - у вигляді бракованих виробів і облою. При цьому відношення маси наважки сировини до чистої масі виробу має такий же градієнт зміни, як і відношення маси литника до маси виробу при литті під тиском, тобто збільшується в міру скорочення маси виробу.

На заключній стадії ТП, коли видаляється облой і здійснюється необхідна механічна обробка виробів, також продовжують випаровуватися леткі продукти, утворюється пил і тверді відходи у вигляді крихти, стружки і браку. Якщо брак не можна виправити, то його або направляють на повторну переробку (дроблять, подрібнюють і змішують з первинною сировиною), або утилізують в якості вторинної сировини або невикористаних відходів.

З витратними коефіцієнтами (K_p) у виробництві виробів з пластмас різними методами, а також групами складності за видами виробів слід ознайомитися у нормативній літературі [4].

У міру створення системи первинного збору побутових відходів, раціоналізації технологічного забезпечення методами і засобами їх переробки, а також законодавчого стимулювання населення і переробників вторинної сировини, промисловість отримає реальні можливості реалізувати перспективи збільшення обсягів випуску і номенклатури полімерної продукції, зниження її собівартості і підвищення рентабельності виробництва.

5 КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

Для перевірки засвоєння студентами знань, отриманих при прослуховуванні лекцій, виконання практичних робіт та при самостійній роботі у відповідності до учбового плану проводиться модульна контрольна робота. Завдання модульної контрольної роботи носять переважно практичний характер. Модульна контрольна робота проводиться за всіма темами кредитного модуля.

5.1. Приклади контрольних завдань

Варіант 1

1. Запропонувати і обґрунтувати склад гумової суміші для масового виробництва масло-бензостійких ущільнювачів методом лиття під тиском (температурні межі експлуатації -40°C до $+120^{\circ}\text{C}$).
2. Запропонувати технологічну схему виробництва. Обґрунтувати технологічні параметри лиття під тиском.

Варіант 2

1. Запропонувати і обґрунтувати склад гумової суміші для виробництва протекторів, гума повинна володіти комплексом властивостей – зносостійкість, динамічна витривалість, морозостійкість (температурні межі експлуатації -60°C до $+100^{\circ}\text{C}$).

2. Запропонувати технологічну схему виробництва заготовок методом шприцювання. Обґрунтувати технологічні параметри процесу шприцювання.

Варіант 3

1. Запропонувати і обґрунтувати склад гумової суміші для виробництва формових виробів, здатних експлуатуватися в повітряному середовищі в широких температурних межах (температурні межі експлуатації -70°C до $+300^{\circ}\text{C}$).

2. Запропонувати технологічну схему процесу виробництва виробів з термостійких канчуків СКТ. Обґрунтувати технологічні параметри процесу вулканізації.

Варіант 4

1. Запропонувати і обґрунтувати вибір каучуку і склад гумової суміші для виробництва формових виробів, здатних експлуатуватися при високих температурах з агресивними середовищами (масла, кислоти; температурні межі експлуатації -20°C до $+200^{\circ}\text{C}$).

2. Запропонувати технологічну схему процесу виробництва. Обґрунтувати технологічні параметри процесу вулканізації.

Варіант 5

1. Запропонувати і обґрунтувати склад гумової суміші для виробництва тонкостінних довгомірних гумових виробів, що володіють високою газонепроникністю і атмосферостійкістю (температурні межі експлуатації -40°C до $+120^{\circ}\text{C}$).

2. Запропонувати технологічну схему виробництва заготовок виробів методом шприцювання виробів з термостійких канчуків СКТ. Обґрунтувати технологічні параметри процесу приготування гумової суміші в гумозмішувачі.

Варіант 6

1. Запропонувати і обґрунтувати склад гумової суміші для виробництва формових виробів, що поєднують властивості – маслобензостійкі та негорючі (температурні межі експлуатації -40°C до $+80^{\circ}\text{C}$).

2. Запропонувати технологічну схему процесу виробництва виробів. Обґрунтувати технологічні параметри процесу вулканізації.

6 ПИТАННЯ БІЛЕТІВ ДО ДИФЕРЕНЦІЙНОГО ЗАЛІКУ

1. Вимоги, що висуваються до благоустрою підприємства.
2. Поясніть методику розрахунку кількості основного обладнання.
3. Які параметри є основними технологічними при переробці полімерних матеріалів.
4. Поясніть призначення і принцип роботи основних транспортних машин.
5. Основні розрахунки залежності норми обслуговування обладнання.
6. Основні методи переробки полімерів.
7. Що таке виробництво і потужність виробництва.
8. Що таке виробництво і потужність виробництва.

9. Перерахунок води допоміжного і підємно-транспортного обладнання, якими оснащується промислове підприємство.
10. Що таке довговічність споруд, які ступені довговічності.
11. Назвіть основний зміст проекту будівництва підприємства.
12. Поясніть суть річного фонду часу роботи обладнання і дійсного фонду часу роботи обладнання.
13. Що таке компоновка приміщень. Суть компоновки і її взаємозв'язок з технологічною схемою виробництва виробів.
14. По яким ознакам встановлюється вогнестійкість будівель. Суть вогнестійкості.
15. Яке призначення та суть операцій формування.
16. Модульна система при проектуванні промислового виробництва.
17. Яка залежність кількості одиниць основного обладнання від річного фонду часу.
18. Поясніть призначення і принцип роботи основних транспортних машин.
19. Перерахуйте основні вимоги до розміщення обладнання.
20. Пожежонебезпека споруд. Класифікація виробничих приміщень по категоріях.
21. Дайте визначення поняттю – «промислове підприємство».
22. Що таке стадійність проектування.
23. Поясніть суть прямої паралелоподібної і комбінованої схеми технологічного потоку при виробництві виробів із полімерних матеріалів.
24. Дайте визначення промислового, допоміжного і підємно-транспортному обладнанню.
25. Технологічні параметри лиття під тиском термопластів.
26. Вплив технологічних параметрів на якість виробів і продуктивність технологічного процесу.
27. Технологічні розрахунки параметрів лиття під тиском.

28. Технологія формування виробів з листових матеріалів. Вимоги до матеріалів та заготовки. Фізико-хімічні основи процесу.
29. Пневмоформування, принципи методу, його застосування.
30. Вакуумформування, принципи методу, його застосування.
31. Механопневмовакуумформування як метод переробки листових матеріалів.
32. Переробка листових термопластів методом штамповки.
33. Метод переробки композицій реактопластів пресуванням. Матеріали, умови переробки.
34. Компресійне пресування.
35. Литтєве пресування.
36. Пряме пресування з декоруванням та двоколірне пресування.
37. Циклограма пресування, роль вологи при переробці реактопластів
38. Особливості лиття під тиском реактопластів. Основні стадії лиття реактопластів і технологічні параметри.
39. Основи технології переробки та використання полімерних композиційних матеріалів
51. Формування виробів з композицій на основі ненасичених поліестерних смол
52. Методи полімеризаційного формування виробів з термопластів. Формування полімеризаційне з поліуретанів
53. Технологічний процес формування виробів з поліуретанів
54. Формування полімеризаційне з поліаміду
55. Зварювання та склеювання виробів з пластмас

7. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА ЛІТЕРАТУРА

1. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Полімерне матеріалознавство» для студентів III, IV курсів усіх форм навчання напряму 051301 «Хімічна технологія» фахового спрямування 6.05130107 «Хімічні технології переробки полімерних та композиційних матеріалів». Уклад. К.В. Шевцова, - Дніпропетровськ: УДХТУ, 2012. - с.

2. Суберляк О.В. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів [Текст] / О.В. Суберляк, П. І. Баштанник. – Київ.: НТУ «КПІ», 2006. – 270 с.

3. Крыжановский, В. К. Производство изделий из полимерных материалов [Текст]: учеб.-справ. пособие / В. К. Крыжановский, М. Л. Кербер, В. В. Бурлов. – СПб.: Профессия, 2005. – 464 с.

4. Пискарев А.А. Нормирование расхода пластмасс в производствах их переработки. М.: Химия, 1989. – 96 с.

5. Литье пластмасс под давлением [Текст] / под ред. Э. Л. Калиничева. – СПб.: Профессия, 2006. – 712 с.

6. Переработка пластмасс [Текст] / Шварц О., Эбелинг Ф.-В., Фурт Б.; под общ ред. А.Д. Паниматченко. – СПб.: Профессия, 2005. – 320 с.

7. Сутягин В.М., Ляпков А.А., Бондалетов В.Г. Основы проектирования и оборудования производств полимеров: учебное пособие [Текст] / В.М.Сутягин – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 432 с.

8. Давыдова В. Н., Лукасик В. А., Соловьева Ю. В. Расчеты основного оборудования, перерабатывающего полимеры: учеб. Пособие [Текст] / В. Н. Давыдова. – Волгоград: ВолгГТУ, 2008. – 98 с.

9. Сутягин В. М. Основы проектирования и оборудование производств полимеров. Учебное пособие [Текст] / В. М. Сутягин, А. А. Ляпков. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 392 с.

10. Торнер Р.В. Оборудование заводов по переработке пластмасс [Текст] / Р.В. Торнер, М. С. Акутин – Л.: Химия, 1977. – 353 с.
11. Оленев Б.А.,Мордкович У.М.. Калошин В.Ф. Проектирование производств по переработке пластических масс. М.: Химия, 1982. – 256 с.
13. Ким В.С. Теория и практика экструзии полимеров [Текст] / В.С. Ким. – М.: Химия, Колос, 2005. – 568 с.
14. Раувендааль, К. Экструзия полимеров [Текст] / К. Раувендааль; под ред. А. Я. Малкина. – СПб.: Профессия, 2006. – 800 с.
15. Термоформование. Практическое руководство [Текст] / сост. А. Иллиг; под ред. М. А. Шерышева. – СПб.: Профессия, 2006. – 300 с.
16. Конструирование изделий для литья под давлением [Текст] / под ред. В. А. Брагинского. – СПб.: Профессия, 2006. – 512 с.
17. Ревяко, М. М. Технология переработки пластмасс. Проектирование производств [Текст] / М. М. Ревяко. – Минск: БГТУ, 2006. – 126 с.
18. Ревяко, М. М. Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс [Текст] / М. М. Ревяко, О. М. Касперович. – Минск: БГТУ, 2005. – 344 с.
19. Бортников В.Г. Производство изделий из пластических масс. Т2. Технология переработки пластических масс [Текст] / В.Г. Бортников. – Казань: Дом печати, 2002. – 399 с.